

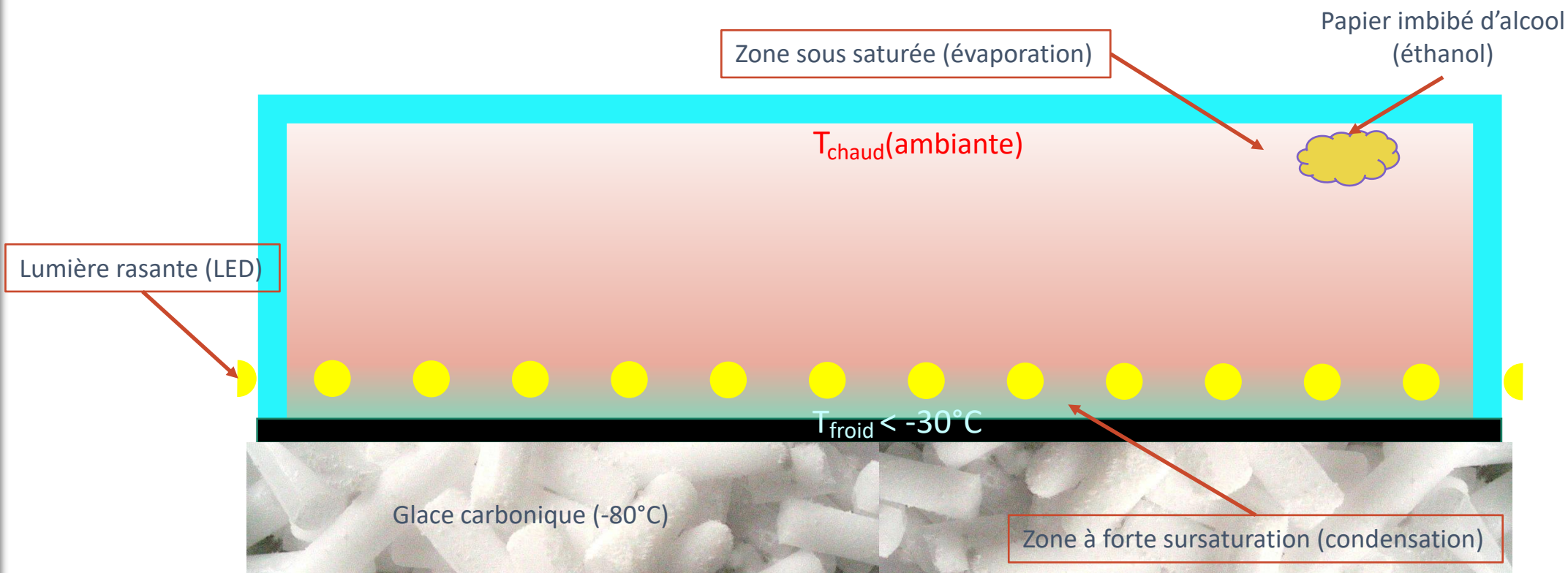
CHAMBRE À BROUILLARD

Des atomes aux nuages, aux particules

Préparation de l'expérience...

Vidéo d'aide pour reproduire l'expérience:

<https://home.cern/news/news/experiments/how-make-your-own-cloud-chamber>



Atomes et matière

Atomes et molécules dans l'air

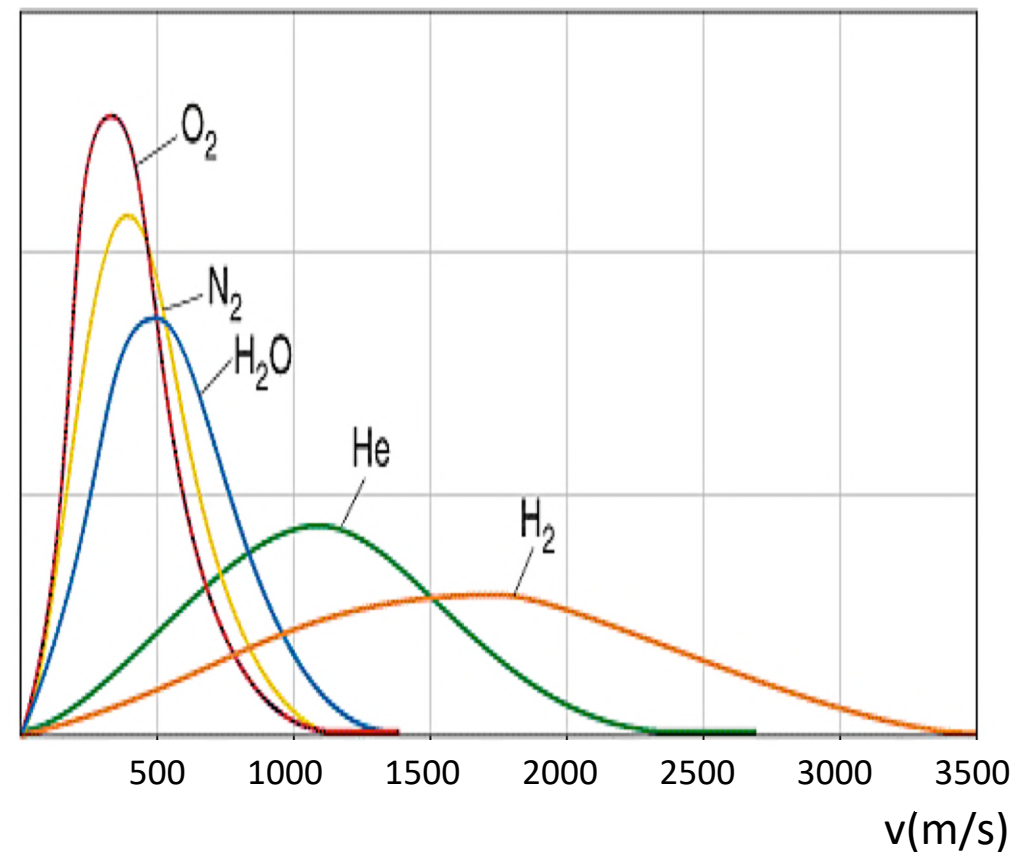
Molécule	1 nm
Diamètre d'un cheveu	70 000 nm
Distance entre atomes	4 nm
Libre parcours moyen	65 nm

$$v(t) = cst * \sqrt{t + 273,15}$$

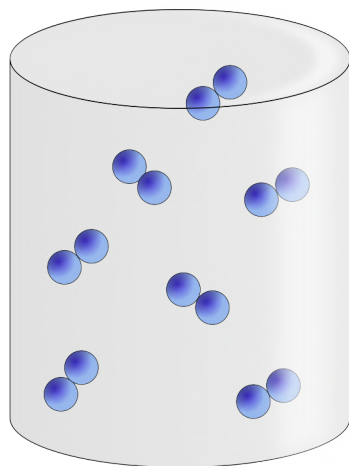
$$v(0^{\circ}C) \sim 472 \text{ m/s}$$

$$v(20^{\circ}C) \sim 500 \text{ m/s}$$

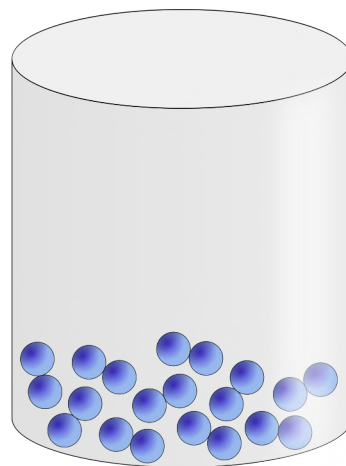
$$v(100^{\circ}C) \sim 556 \text{ m/s}$$



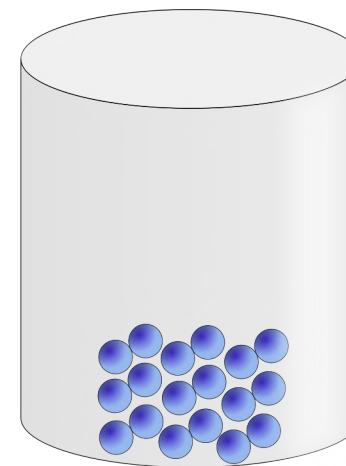
TROIS ÉTATS DE MATIÈRE (parmi d'autres)



Gaz



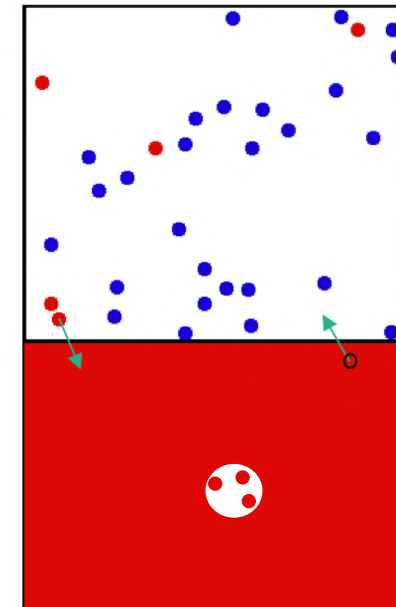
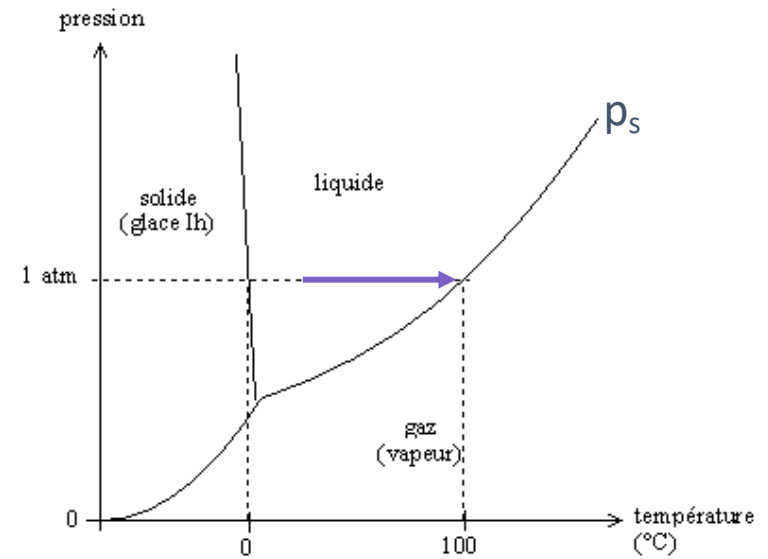
Liquide



Solide

Équilibre gaz/liquide

- Évaporation
 - augmente avec température
- Condensation
 - Augmente avec pression (~Nombre de molécules dans le gaz)
- Pression partielle : p_p
- Pression de saturation : p_s
- Taux de saturation : p_p/p_s

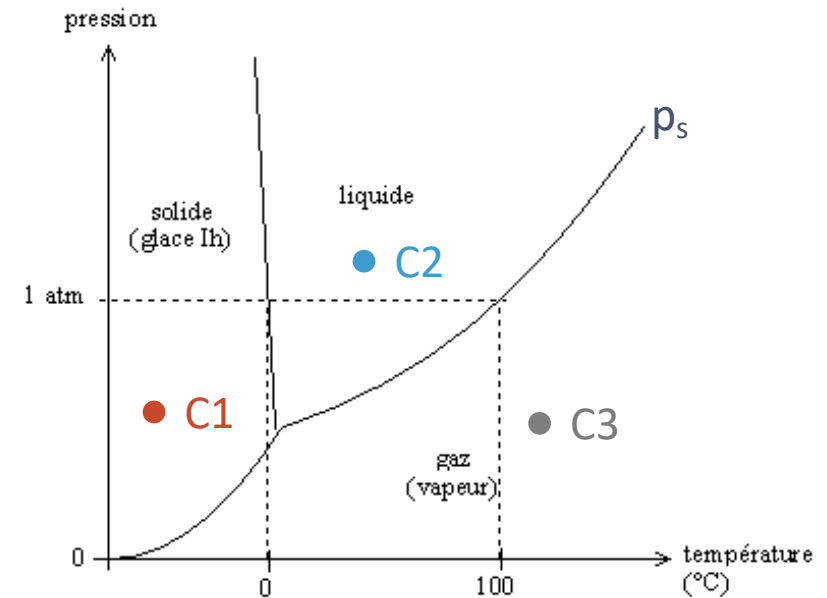


L'impossible formation des nuages...

... et des gouttes d'eau ...

Énergie pour former une goutte

- $g_{\text{sol}}(P,T)$ $g_{\text{liq}}(P,T)$ $g_{\text{gaz}}(P,T)$
- Changement d'état (gaz $\rightarrow$ liquide)
 - $\Delta G_V = m^*(g_{\text{liq}} - g_{\text{gaz}})$
 - $(g_{\text{liq}} - g_{\text{gaz}})(C2) < 0$
 - $(g_{\text{liq}} - g_{\text{gaz}})(C3) > 0$
- Energie de surface
 - $\Delta G_s = \Delta S^* \gamma$
où γ = tension de surface



Énergie pour former une goutte

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$



$$S = 4 \pi r^2$$

$$\Delta G_V = m(\text{gliq} - \text{ggaz}) = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho(\text{gliq} - \text{ggaz})$$

$$= a_V r^3$$

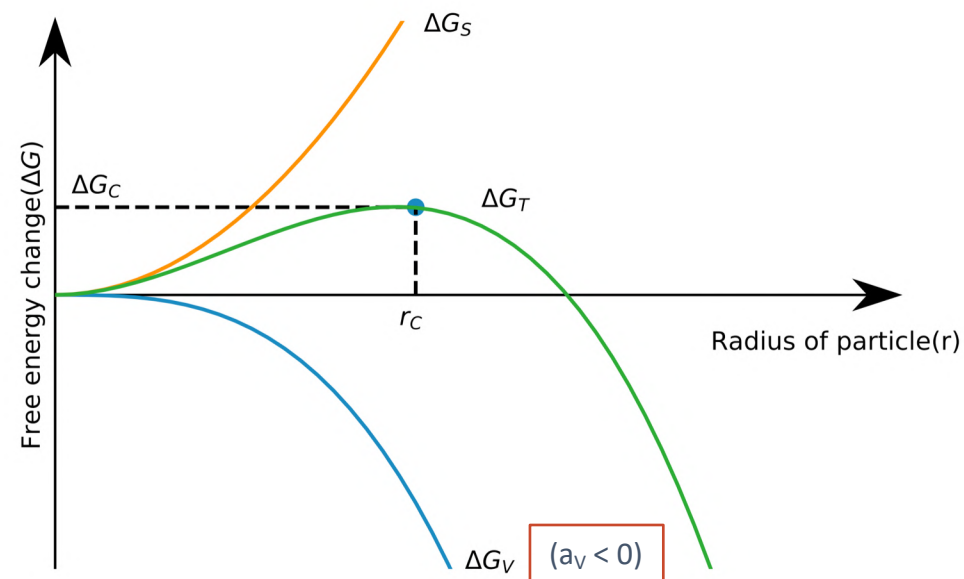
$$a_V < 0 \text{ si } p > p_s$$

$$a_V > 0 \text{ si } p < p_s$$

$$\bullet \Delta G_S = S \gamma = 4 \pi r^2 \gamma$$

$$= a_S r^2$$

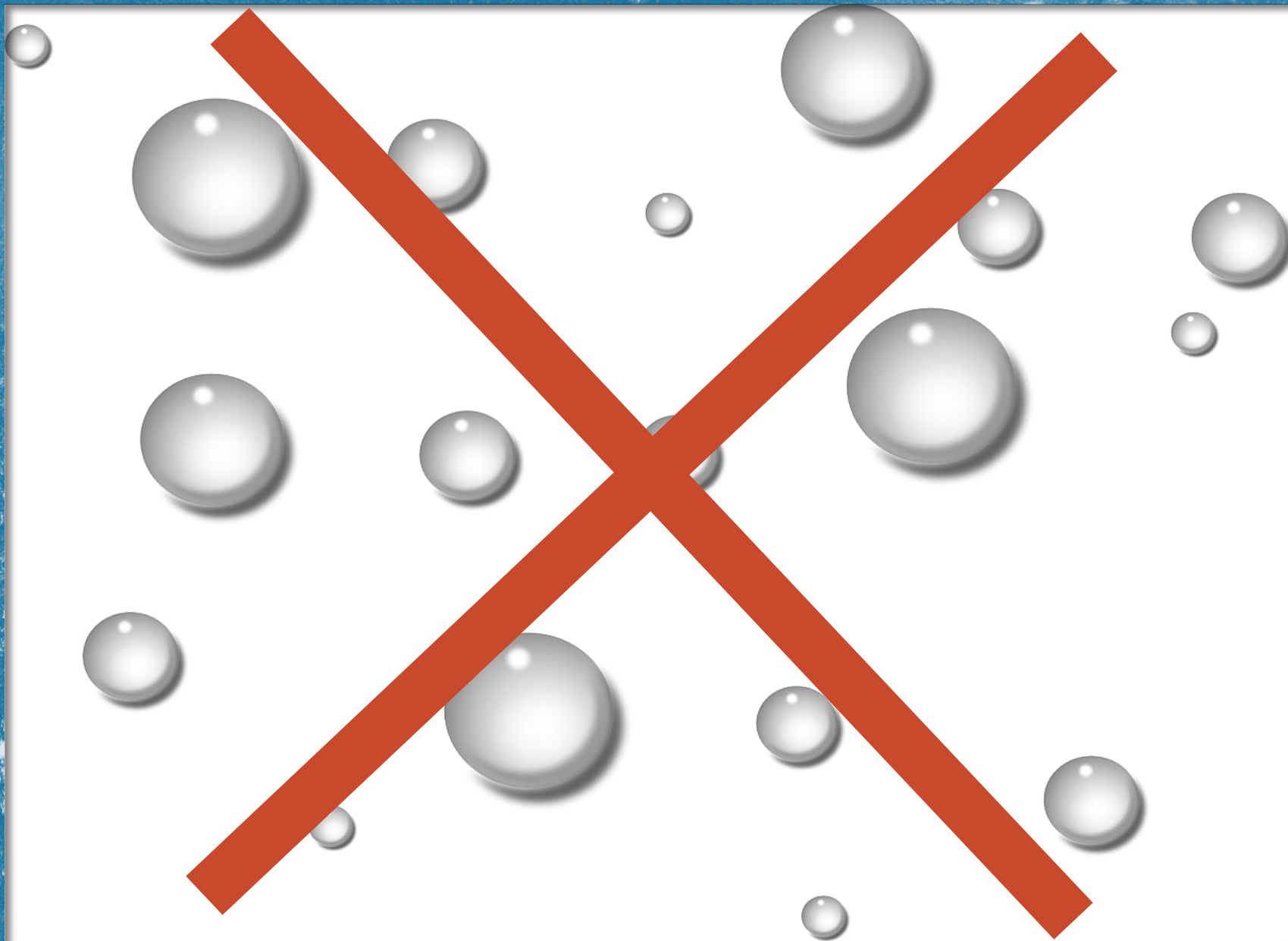
$$a_S > 0$$

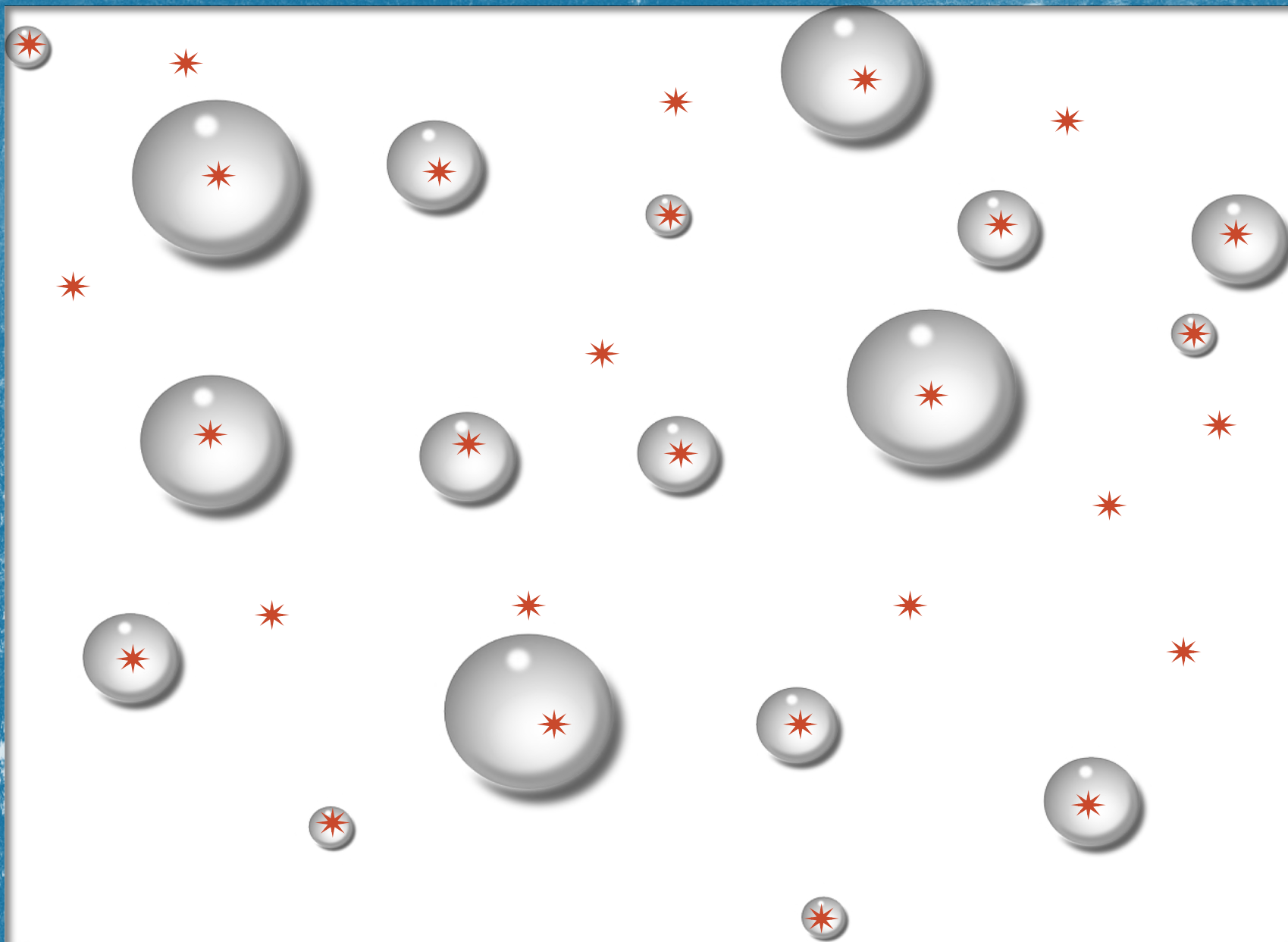


By Mmarso - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=90419097>

$\frac{p}{p_s}$	1,005	1,01	1,10	1,15	2	4
$r_c (\mu m)$	$2,2 \cdot 10^{-1}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$7,8 \cdot 10^{-4}$

$$\frac{p}{p_s} (\text{nuage}) < 1,01$$





<https://www.pinterest.fr/pin/822329213189754685/>

Une expérience à tenter chez soi et proposée par Le Vaisseau:

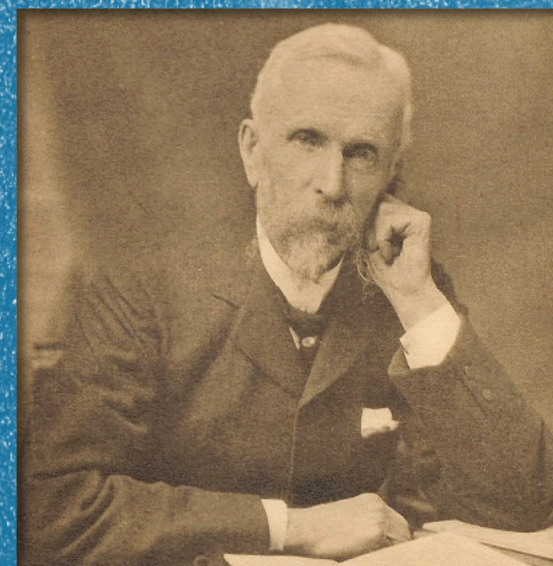
Créer son VRAI NUAGE !

<https://www.youtube.com/watch?v=IkRcPGlfWWg>



Nuage/brouillard

- **John Aitken** (1839 - 1919) montre expérimentalement en 1874 que les gouttelettes de brouillard nécessitent des noyaux de condensation pour se former.
 - « quand la vapeur d'eau se condense dans l'atmosphère, elle le fait toujours sur un noyau solide. S'il n'y a pas de poussière dans l'air, il n'y aurait pas de brouillard, de nuage, pas de brume et probablement pas de pluie. ».
- En son honneur, les plus petites particules d'aérosols (d'un rayon entre 0,005 micromètre et 0,1 micromètre) sont appelées « noyaux de Aitken »

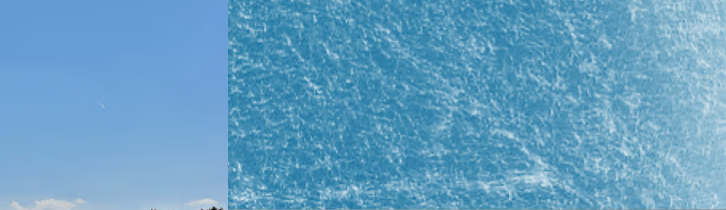
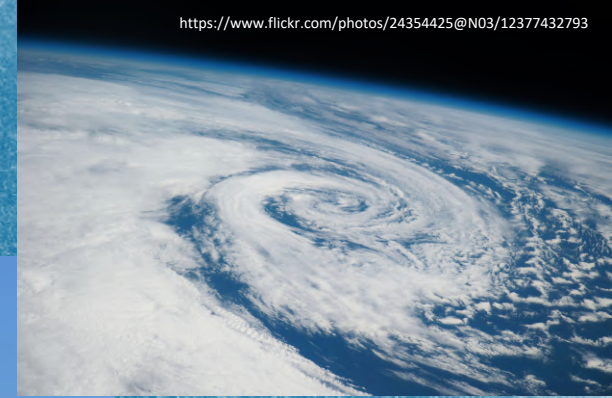


[https://fr.wikipedia.org/wiki/John_Aitken#/media/Fichier:John_Aitken_\(meteorologist\).png](https://fr.wikipedia.org/wiki/John_Aitken#/media/Fichier:John_Aitken_(meteorologist).png)

Nuage/brouillard

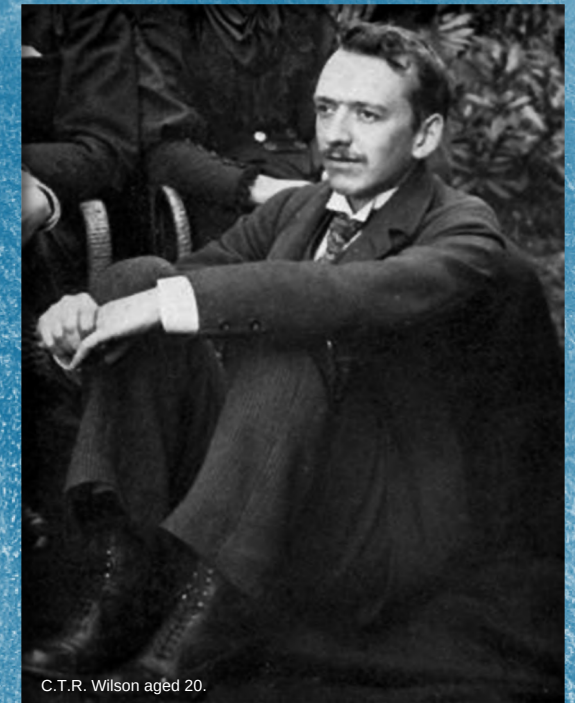
- Condition de formation

- Humidité relative élevée ($p/p_s > 1$)
 - Diminution de la température
 - Apport de molécule d'eau
- Présence de noyaux de nucléation
 - Argile, suie, sel marin, sulfate
 - Dioxyde de soufre
 - Phytoplancton
 - ...



Experimental nanomaterial is released for the National Center of Meteorology and Seismology during a demonstration cloud seeding flight over Al-Ain, UAE, on March 3, 2022. (Photos: NYTimes)





Charles Thomson Rees Wilson

1869 - 1959

Nobel lecture 1927(58 ans): <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1927/wilson/lecture/>
<https://royalsocietypublishing.org/action/doSearch?ContribRaw=Wilson%2C+Charles+Thomson+Rees>

[C.T.R. Wilson and the cloud chamber, Astroparticle Physics Volume 53, January 2014, Pages 55-60](#)



1927

Charles Thomson Rees Wilson

Chambre de Wilson

CLOUD CHAMBER METHOD

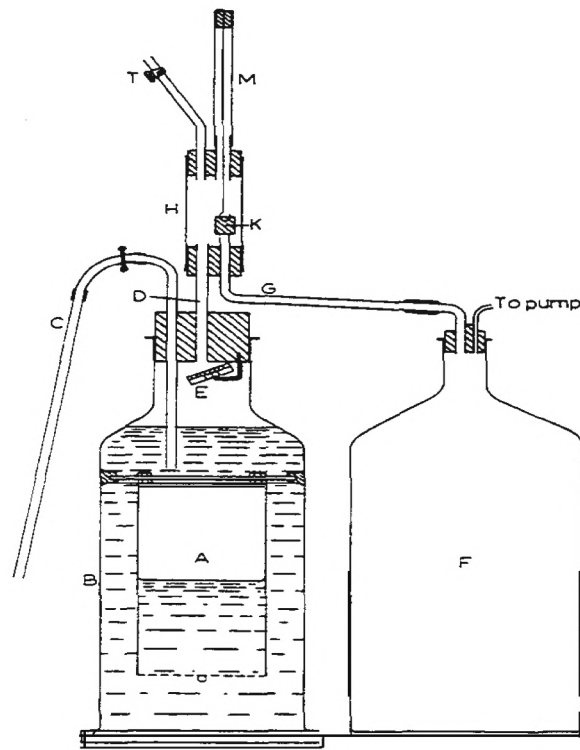
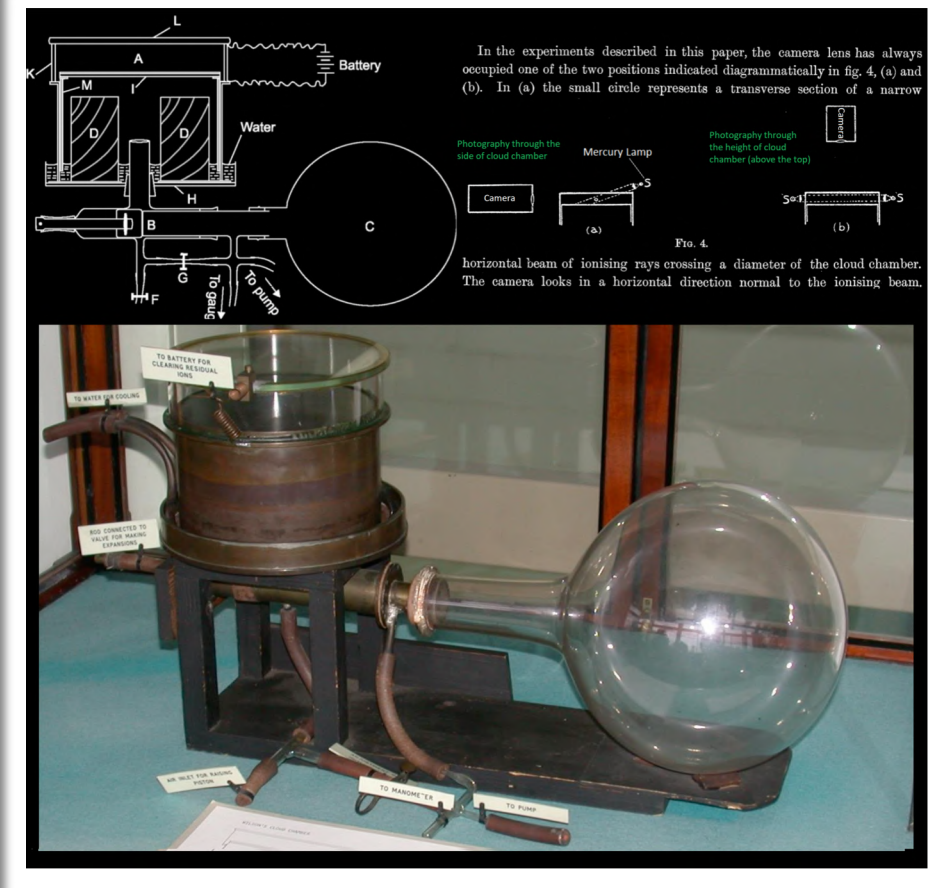


Fig. 1.

Expérience de 1895 (Cambridge Philosophical Society, May 1895)



- Il existe une valeur de sursaturation au-delà de laquelle, même en l'absence de noyau de Aitken, des gouttes se forment et tombent.
- Si on répète l'expérience plusieurs fois, le nombre de gouttes formées ne diminue pas
- Il est donc évident qu'un autre type de noyau de nucléation se forme en continu dans la chambre...

À suivre...



Alexander Langsdorf Jr.

1912 –1996

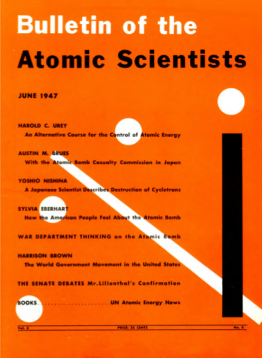
Avant la guerre, Langsdorf a co-développé un cyclotron pour la recherche médicale

1936 : The development of a thermally activated, continuously sensitive cloud chamber, and its use in nuclear physics research

Pendant la guerre, il a participé au projet Manhattan puis a œuvré pour la non-prolifération et a participé à fonder le « Bulletin of the Atomic Scientists »

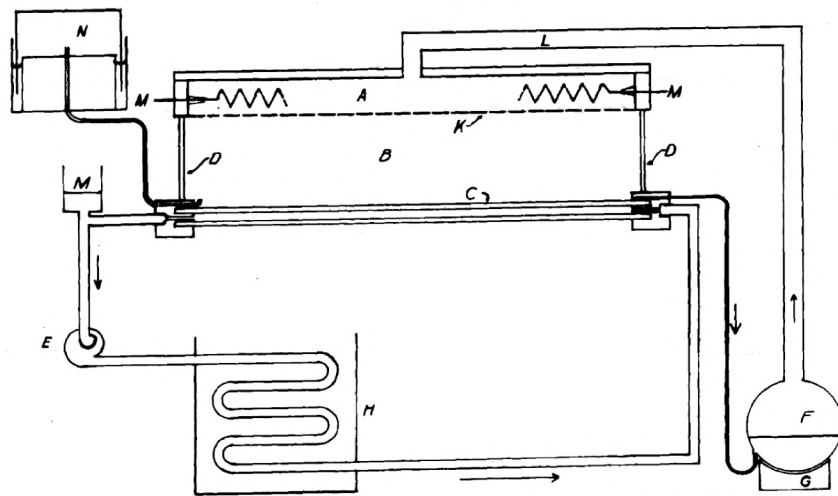
La « doomsday clock » (visuel créé par Martyl Langsdorf) est apparue pour la première fois sur la couverture de juin 1947.

Bulletin of the Atomic Scientists. Original released by Fastission sur Wikipedia anglais. Later version(s) were uploaded by FreeMediaKid1. Goszeli at en.wikipedia. — Transféré de en.wikipedia à commons. (Original text : [L1](#))



Chambre de Langsdorf (1936)

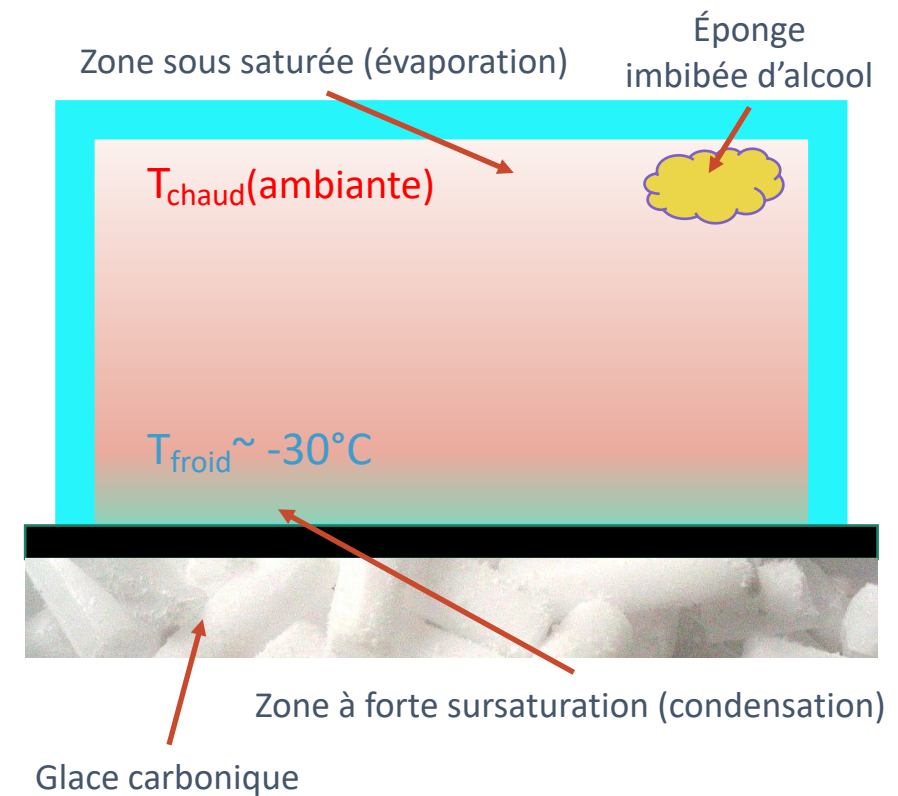
- Schéma de la thèse de Alexander



SCHEMATIC DIAGRAM OF A DIFFUSION CLOUD CHAMBER
AND ITS PRINCIPAL AUXILIARY PARTS
FIGURE 4

- Version DIY

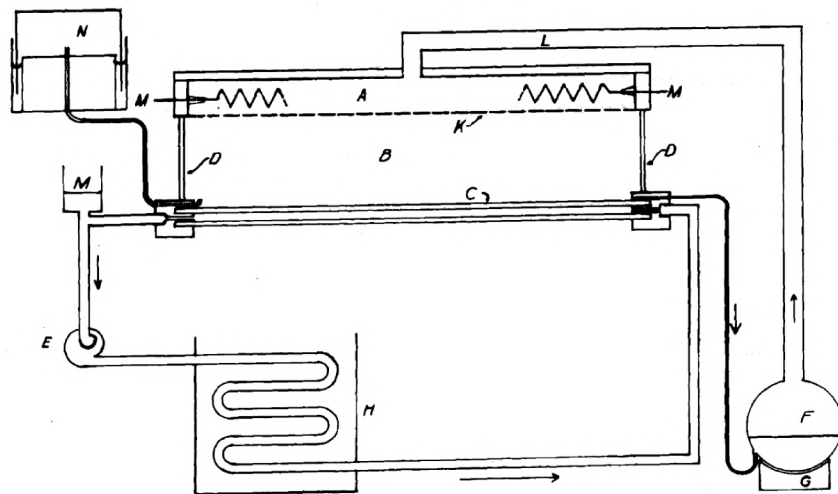
<https://home.cern/news/news/experiments/how-make-your-own-cloud-chamber>





Chambre de Langsdorf (1936)

- Schéma de la thèse de Alexander



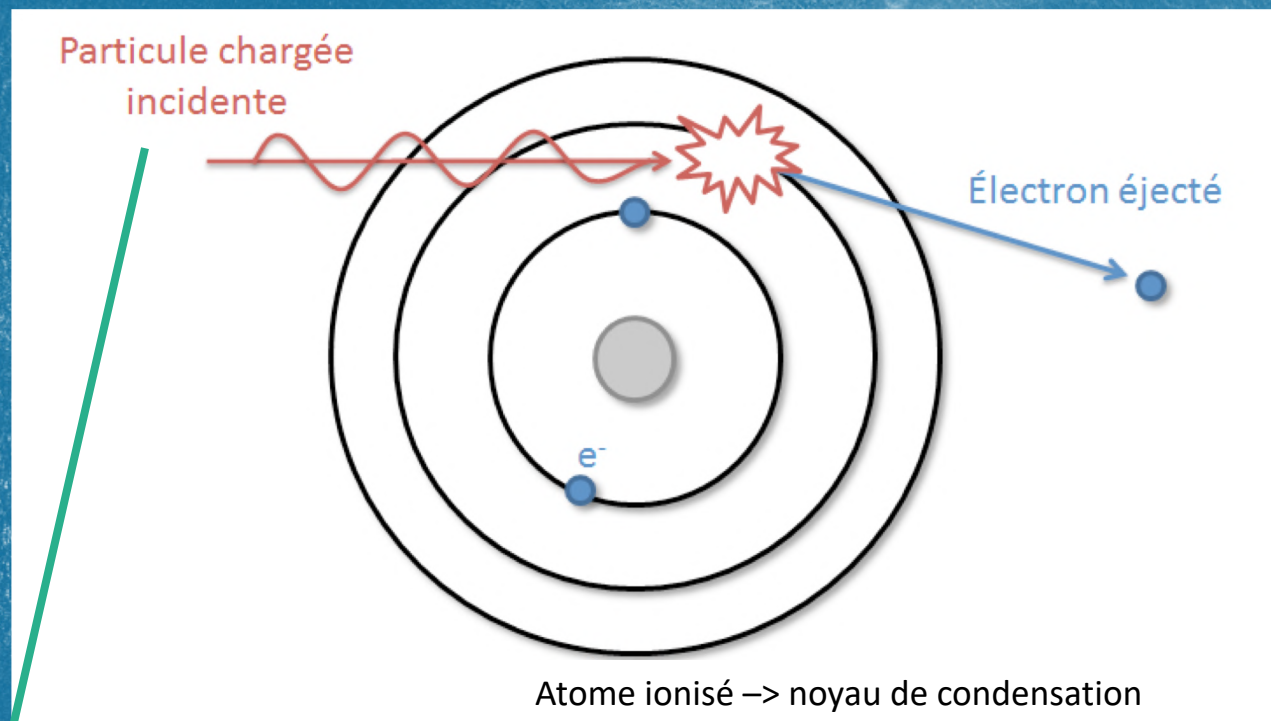
SCHEMATIC DIAGRAM OF A DIFFUSION CLOUD CHAMBER
AND ITS PRINCIPAL AUXILIARY PARTS
FIGURE 4

- Version « [Cloudylab](#) »



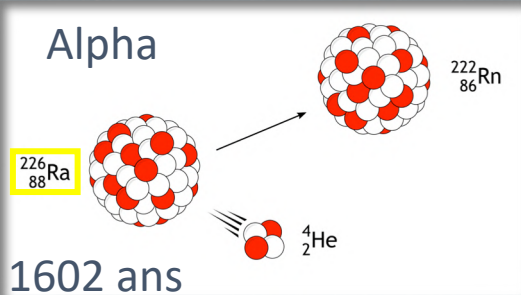
Le site de [cloudylab](#) est une mine d'information pour comprendre en détail la chambre à brouillard



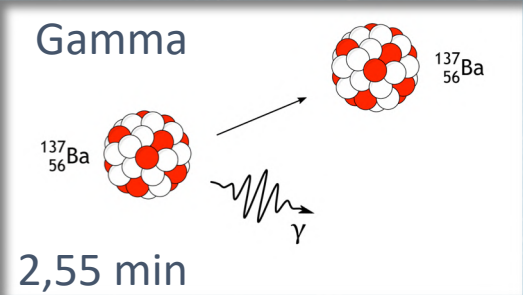


Sources de Rayonnements ionisants

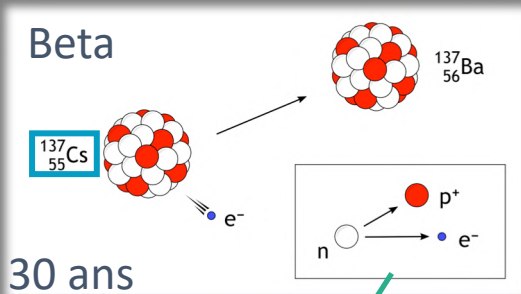
Exemple de radioactivité



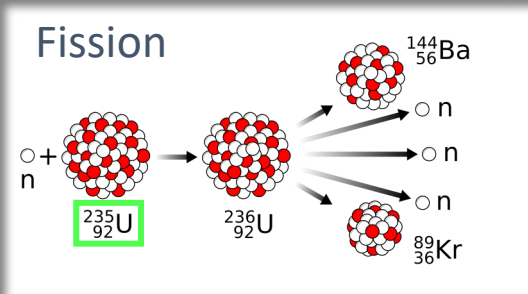
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alpha-decay-example.svg>



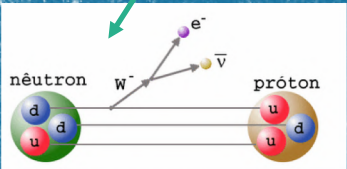
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gamma-decay-example.svg>



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Beta-decay-example.svg>

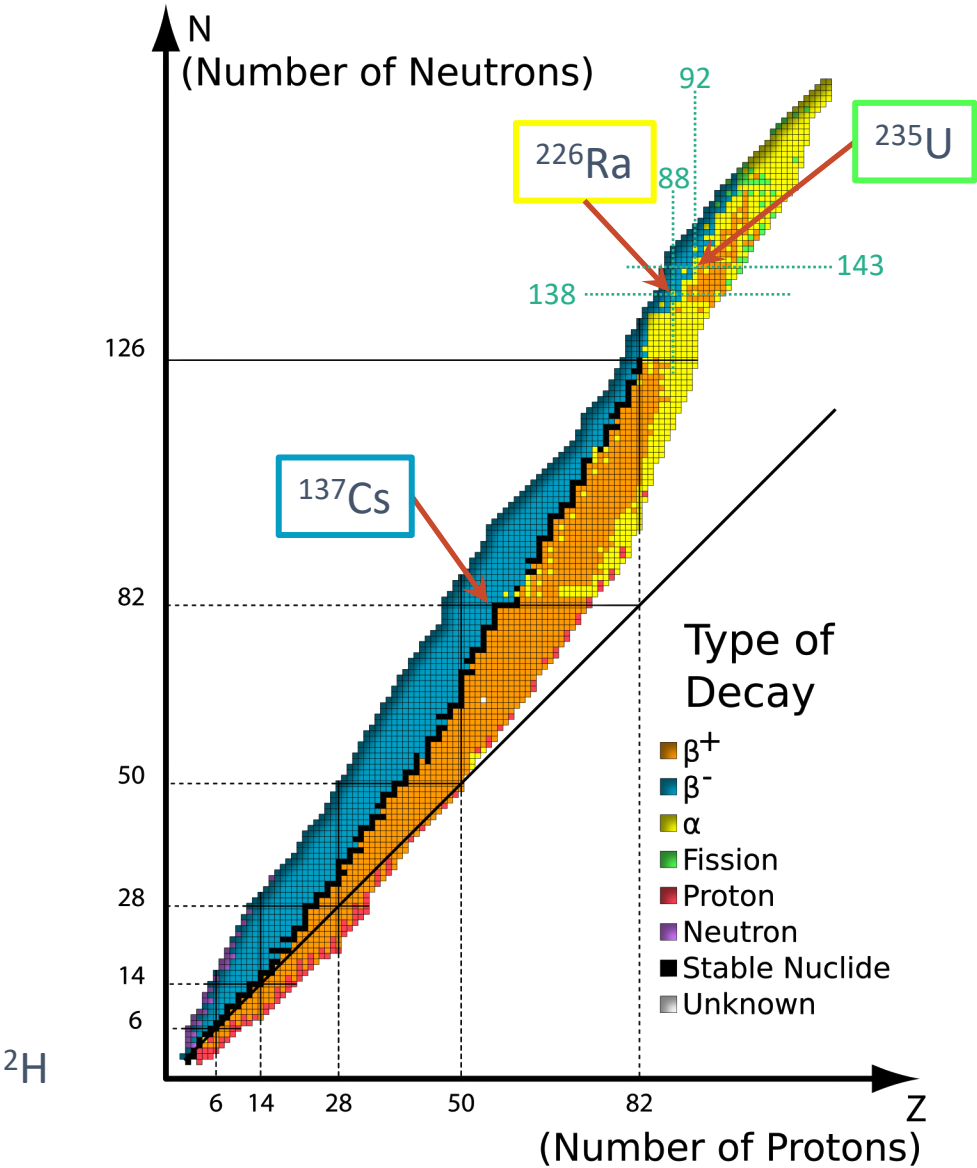


https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nuclear_fission_reaction.svg



https://www.radiation-dosimetry.org/wp-content/uploads/2019/12/free_neutron.png

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Table_isotopes_en.svg



Sources

• Am241



Interdit en France depuis 2011

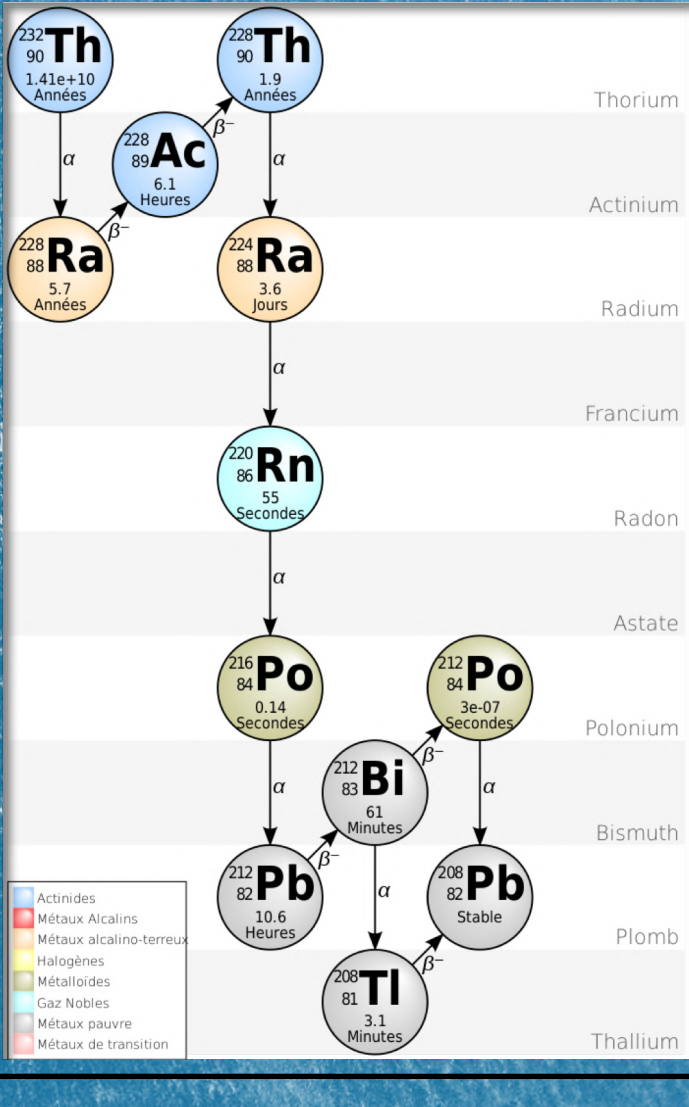
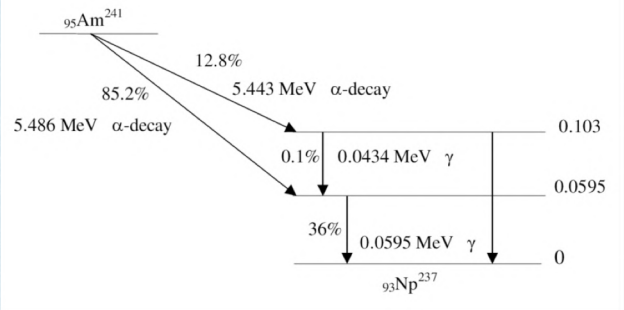
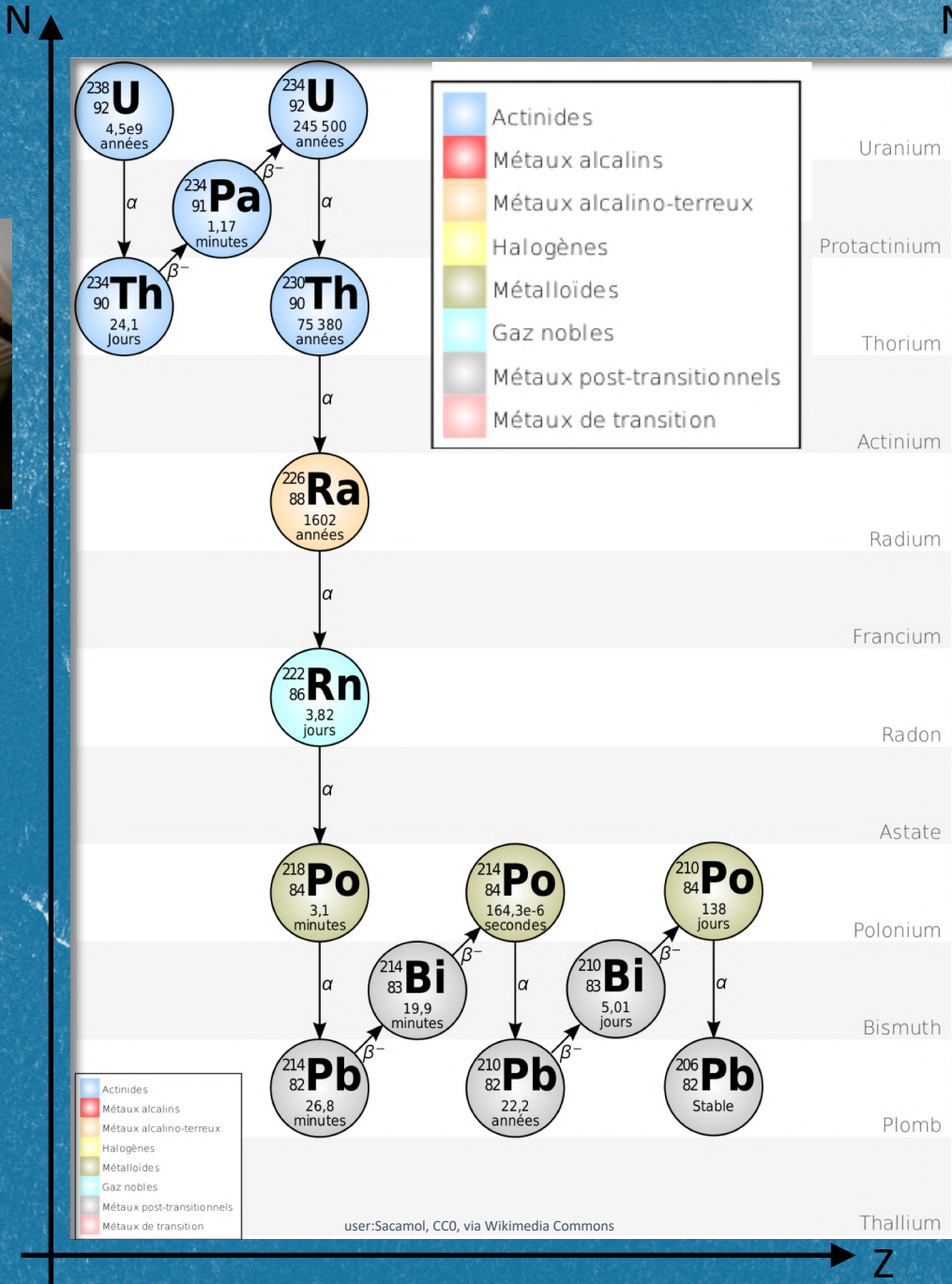
• UO2 (Uranyle)



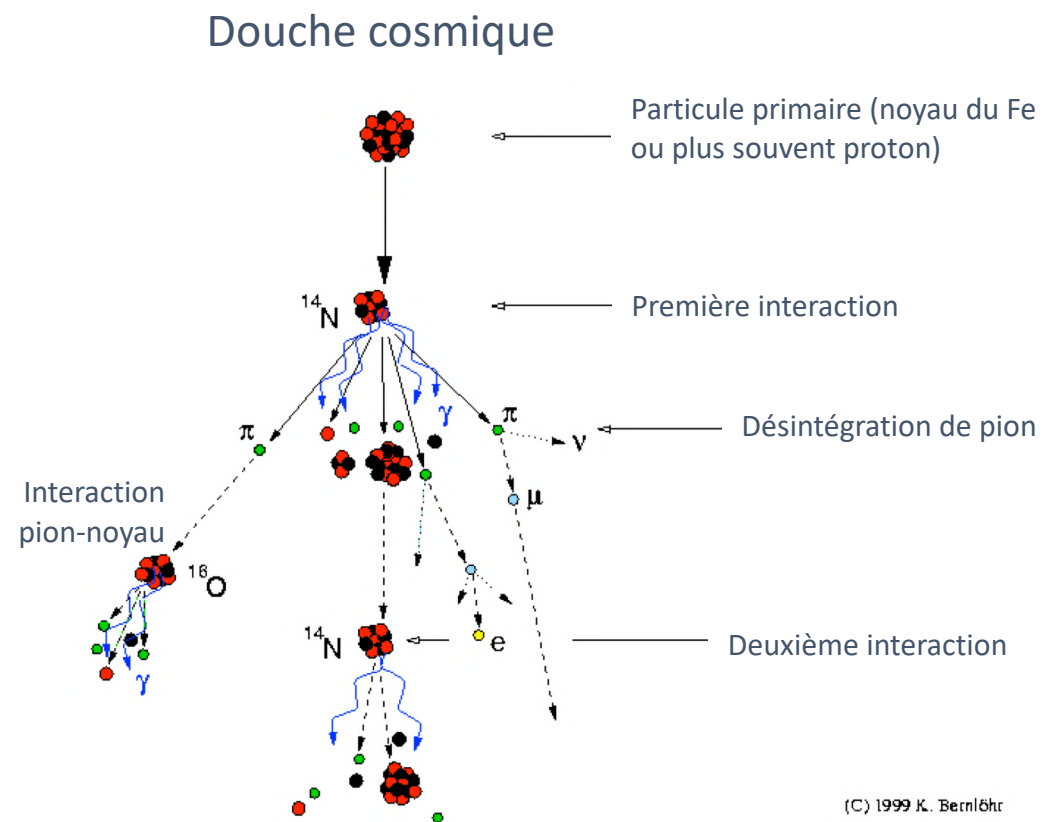
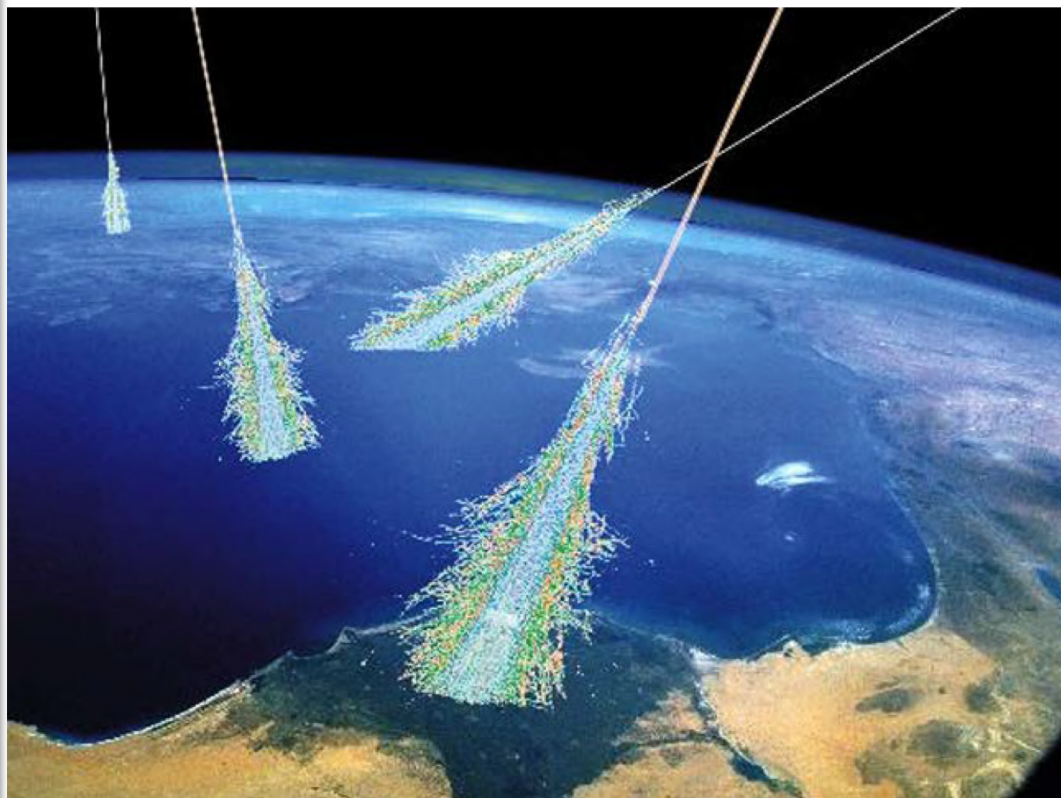
• Ra226



• Th232



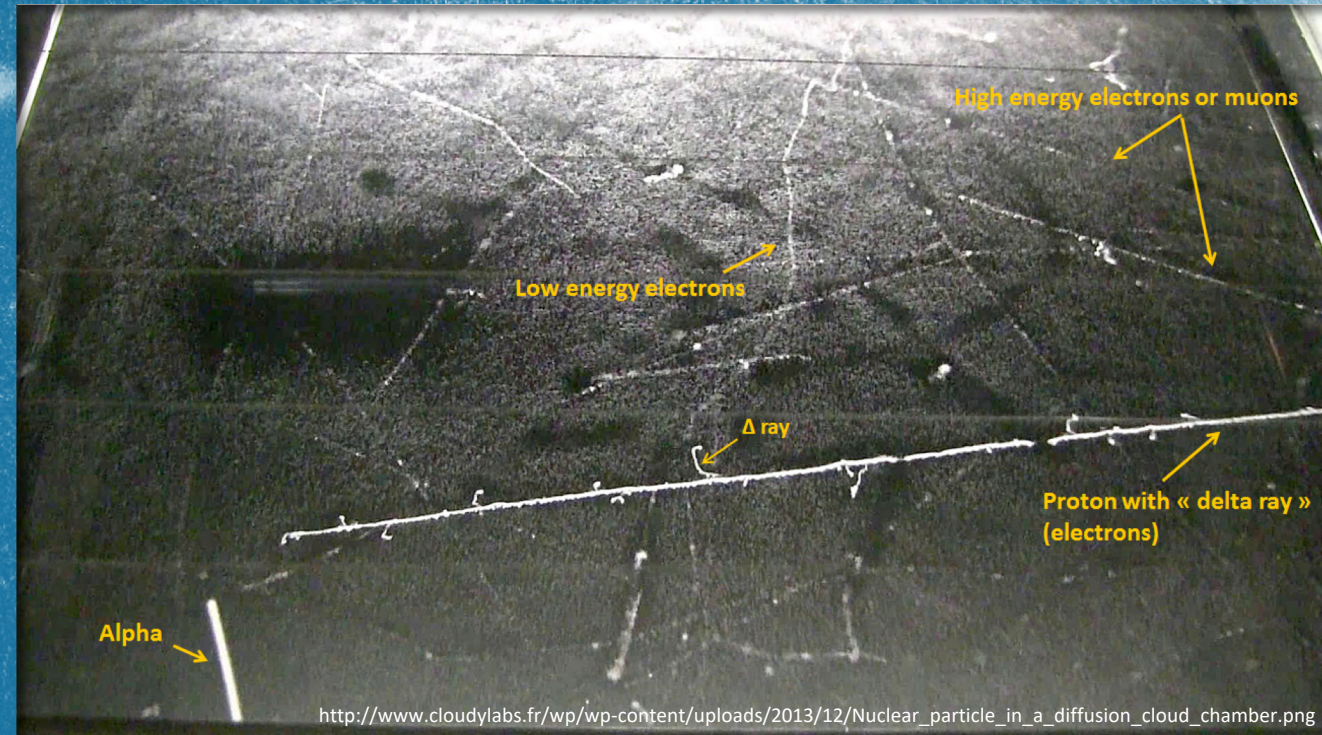
Cosmiques



(C) 1999 K. Bernlöhr

Activité naturelle

- Électrons
 - Produits par radioactivité naturelle dans la chambre
 - Produits par des photons de haute énergie dans les parois en verre ou directement dans la chambre
- Muons
 - D'origine cosmique
très rare ~ 1 toutes les 13 minutes
- Protons d'origine cosmique (spallation)
 - ~1 toute les 3 minutes
- Alpha
 - Gaz introduit dans la chambre... (Rn)

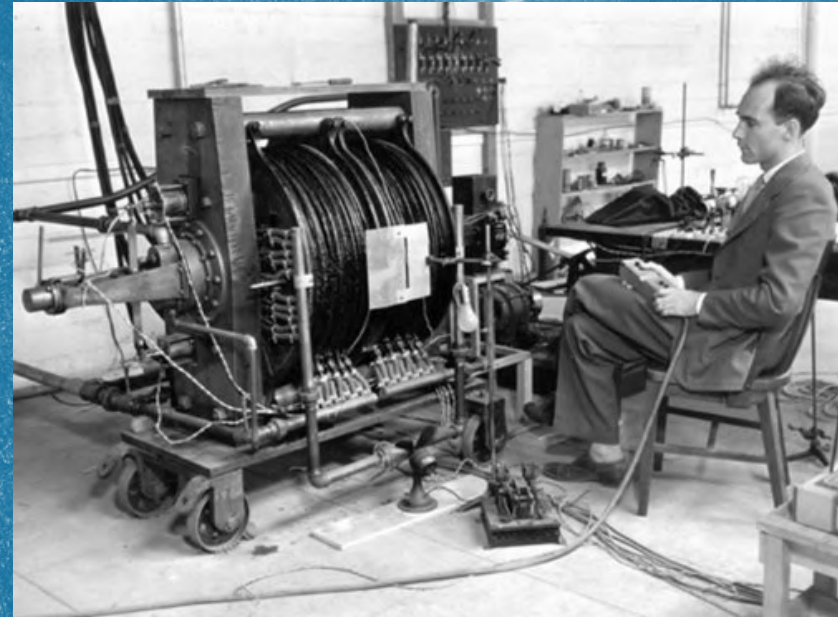


Découvertes

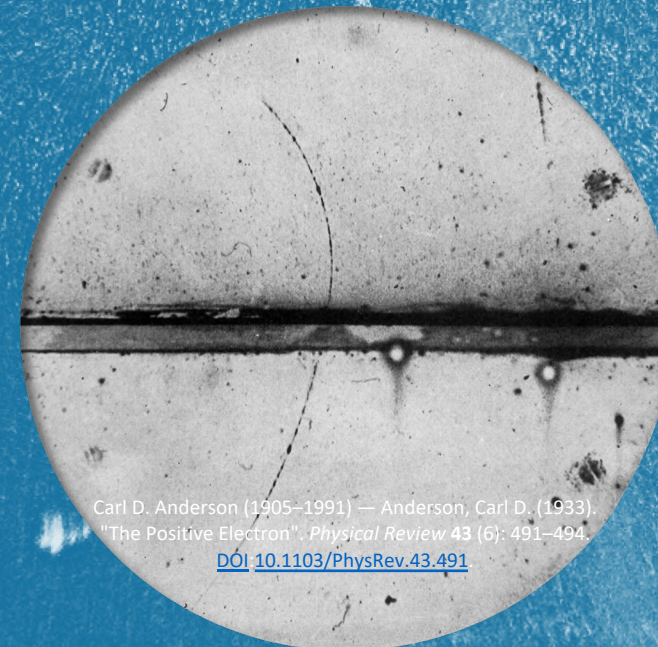
- Le positron découvert en 1932 par Carl Anderson

The apparent existence of easily deflectable positives

- Son existence avait été prédite par Paul Dirac en 1928-29



Cloud chamber photograph used to prove the existence of the positron. Observed by C. Anderson
https://caltech-prod.s3.amazonaws.com/main/images/Carl_Anderson2.width-500.jpg



Carl D. Anderson (1905–1991) — Anderson, Carl D. (1933).
"The Positive Electron". *Physical Review* 43 (6): 491–494.
[DOI 10.1103/PhysRev.43.491](https://doi.org/10.1103/PhysRev.43.491)



1936

Carl David Anderson

Découvertes

- Le muon découvert en 1936 par Carl Anderson et Seth Henry Neddermeyer

- Confirmé en 1937 par J. C. Street et E. C. Stevenson
New Evidence for the Existence of a Particle Intermediate Between the Proton and Electron

Phys. Rev. 52, 1003 (1937)

Phys. Rev. 50 (1936) 263

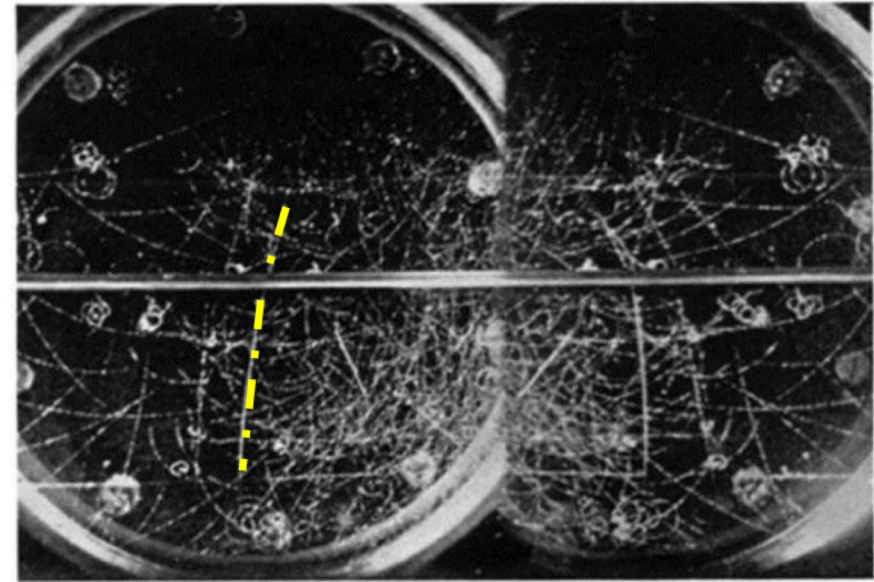


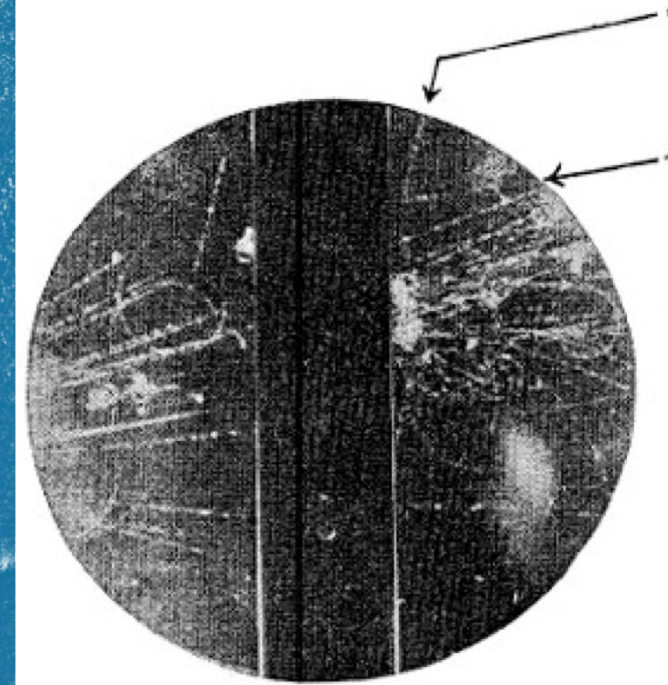
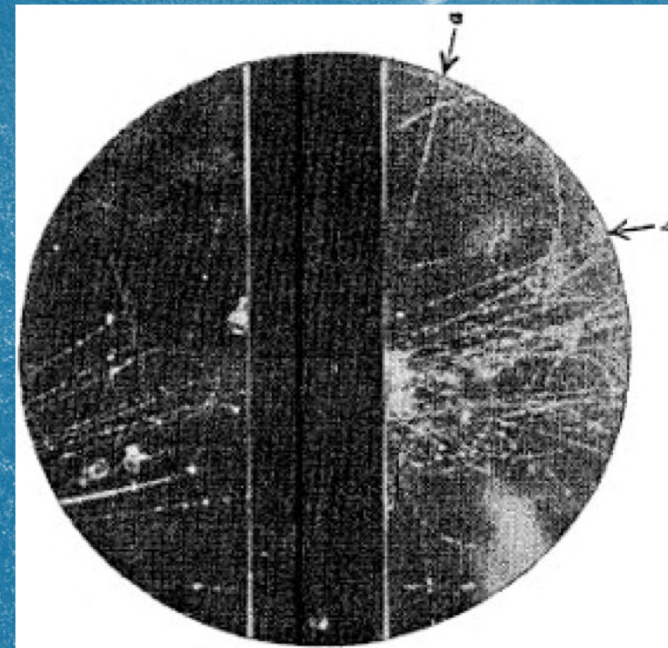
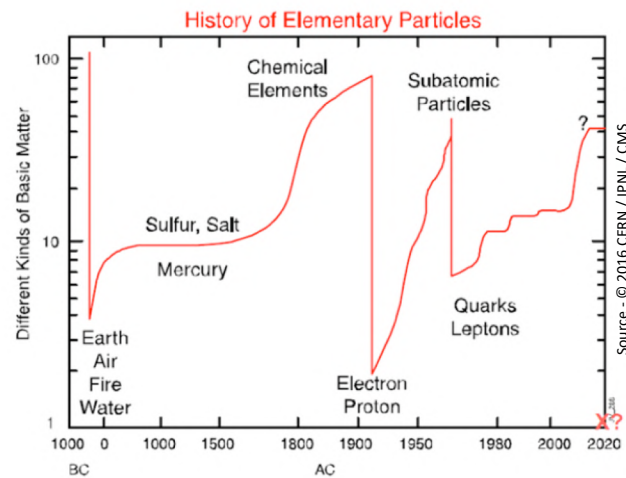
FIG. 13. Pasadena, 4500 gauss. A complex electron shower not clearly defined in direction, and three heavy particles with specific ionizations definitely greater than that of electrons. The sign of charge of two of these heavy particles represented by short tracks cannot be determined, but the assumption that they represent protons is consistent with the information supplied by the photograph. The third heavy track appears above the 0.35 cm lead plate where it has a specific ionization not noticeably different from that of an electron. It penetrates the lead plate and appears in the lower half of the chamber as a nearly vertical track near the middle. Below the plate it shows a greater ionization than an electron, and is deviated in the magnetic field to indicate a positively charged particle. Its $H\rho$ is apparently at most 1.4×10^5 gauss cm, which corresponds to a proton energy of 1 MEV and a range of only 2 cm in the chamber, whereas the observed range is greater than 5 cm. A difficulty of the same nature was discussed in the description of the previous photograph.

Découvertes

- Kaon découvert en 1947 par [George Rochester](#) and [Clifford Charles Butler](#)

Evidence for the Existence of New Unstable Elementary Particles

- Et beaucoup d'autres :



Stereoscopic photographs showing an unusual fork (a-b) in the gas. The direction of the magnetic field is such that a positive particle coming downwards is deviated in an anticlockwise direction (Image: NATURE)

Tableau des particules élémentaires

	masse → charge → spin → ≈2.3 MeV/c² 2/3 1/2 u up	≈1.275 GeV/c² 2/3 1/2 c charm	≈173.07 GeV/c² 2/3 1/2 t top	0 0 1 g gluon	≈126 GeV/c² 0 0 H boson de Higgs
QUARKS	≈4.8 MeV/c² -1/3 1/2 d down	≈95 MeV/c² -1/3 1/2 s strange	≈4.18 GeV/c² -1/3 1/2 b bottom	0 0 1 γ photon	
	0.511 MeV/c² -1 1/2 e électron	105.7 MeV/c² -1 1/2 μ muon	1.777 GeV/c² -1 1/2 τ tau	91.2 GeV/c² 0 1 Z⁰ boson Z⁰	
LEPTONS	<2.2 eV/c² 0 1/2 ν_e neutrino électronique	<0.17 MeV/c² 0 1/2 ν_μ neutrino muonique	<15.5 MeV/c² 0 1/2 ν_τ neutrino tauique	80.4 GeV/c² ±1 1 W[±] boson W[±]	BOSONS DE JAUGE